

# CHARGED-BEAM EXPOSURE SYSTEM, APERTURE, CHARGED-BEAM EXPOSURE METHOD, METHOD OF MANUFACTURING SEMICONDUCTOR DEVICE, METHOD OF MANUFACTURING PHOTO MASK, METHOD AND APPARATUS OF GENERATING EXPOSURE PATTERN DATA, AND EXPOSURE PATTERN

**Publication number:** JP2001274071

**Publication date:** 2001-10-05

**Inventor:** INENAMI RYOICHI; UMAGOUE TOSHIYUKI

**Applicant:** TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO

**Classification:**

- **international:** H01J37/302; H01J37/30; (IPC1-7): H01L21/027; G03F1/08; G03F7/20; H01L21/82

- **european:** H01J37/302B2

**Application number:** JP20000087930 20000328

**Priority number(s):** JP20000087930 20000328

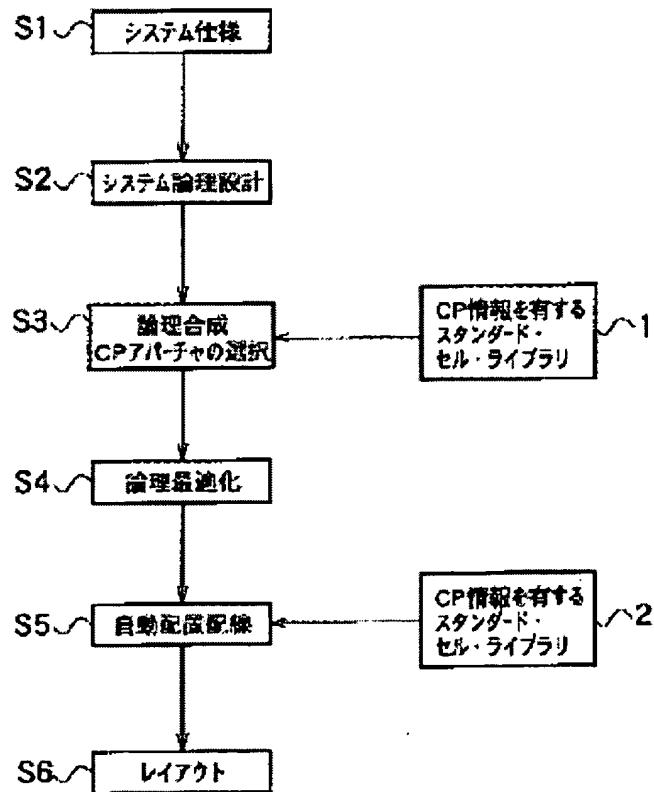
**Also published as:**

US 2001028991 (A1)

[Report a data error here](#)

## Abstract of JP2001274071

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a charged-beam exposure method by which character projection(CP) exposure can be performed even on an integrated circuit such as a logic product having a small number of repetitive patterns, an effect of improving a throughput can be obtained by performing the CP exposure, and charged-beam exposure data can be easily generated. **SOLUTION:** In the charged-beam exposure method by the CP method, the charged beam is shaped in a shape of a standard cell used for designing of a device by an aperture, and reduced irradiation and exposure is executed on a specimen. A cell which is frequently used or a cell with a higher effect of reducing the number of shots by performing CP exposure than by performing variable shaped beam exposure is selected as the standard. Then, the logic synthetic of an electronic circuit is operated by using the standard cell, and the standard cell is arranged and wired.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



(19)日本国特許庁 (JP)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-274071

(P2001-274071A)

(43)公開日 平成13年10月5日 (2001.10.5)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	マークコード(参考)
H 01 L 21/027		G 03 F 1/08	A 2 H 0 9 5
G 03 F 1/08		7/20	5 0 4 2 H 0 9 7
7/20	5 0 4	H 01 L 21/30	5 4 1 B 5 F 0 5 6
H 01 L 21/82			5 4 1 J 5 F 0 6 4
		21/82	B

審査請求 未請求 請求項の数17 O.L (全 20 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2000-87930(P2000-87930)

(22)出願日 平成12年3月28日 (2000.3.28)

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

東京都港区芝浦一丁目1番1号

(72)発明者 稲浪 良市

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社東芝横浜事業所内

(72)発明者 馬越 俊幸

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社東芝横浜事業所内

(74)代理人 100083806

弁理士 三好 秀和 (外7名)

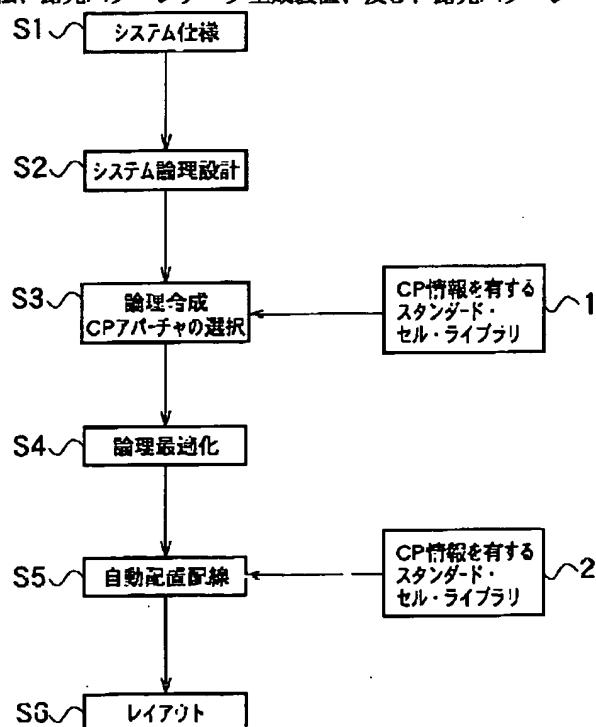
最終頁に続く

(54)【発明の名称】荷電ビーム露光装置、アバーチャ、荷電ビーム露光方法、半導体装置の製造方法、フォトマスクの製造方法、露光パターンデータ生成方法、露光パターンデータ生成装置、及び、露光パターン

(57)【要約】

【課題】ロジック製品のような繰り返しパターンの少ない集積回路でもキャラクタ・プロジェクション(CP)露光が行なえ、CP露光を行なうことによるスループット向上の効果が得られ、荷電ビーム露光データが容易に生成できる荷電ビーム露光方法を提供する。

【解決手段】CP方式の荷電ビーム露光方法において、荷電ビームをアバーチャによりデバイス設計の際に用いられるスタンダードセルの形状に成形し、試料に縮小照射・露光を行なう。このスタンダードセルには、使用頻度のより高い、あるいは、CP露光を行なうことにより可変形ビーム露光を行なった場合よりショット数の削減効果のより高いセルを選択する。そして、このスタンダードセルを用いて電子回路の論理合成とこのスタンダードセルの配置配線を行なう。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 デバイス設計の際に用いられるスタンダードセルの形状の荷電ビーム成形用の透過孔を有することを特徴とするアーチャ。

【請求項2】 前記透過孔は、使用頻度のより高い前記スタンダードセル、あるいは、キャラクタ・プロジェクト(CP)露光を行なうことにより可変成形ビーム(VSB)露光を行なった場合よりショット数の削減効果のより高いスタンダードセルの形状であることを特徴とする請求項1に記載のアーチャ。

【請求項3】 前記アーチャがVSB用開口部を有することを特徴とする請求項1又は請求項2に記載のアーチャ。

【請求項4】 荷電ビームをアーチャにより所望の形状に成形し、試料に縮小照射・露光を行なうCP方式の荷電ビーム露光装置において、  
前記アーチャが、デバイス設計の際に用いられるスタンダードセルの形状の荷電ビーム成形用の透過孔を有することを特徴とする荷電ビーム露光装置。

【請求項5】 前記透過孔は、使用頻度のより高い前記スタンダードセル、あるいは、CP露光を行なうことによりVSB露光を行なった場合よりショット数の削減効果のより高いスタンダードセルの形状であることを特徴とする請求項4に記載の荷電ビーム露光装置。

【請求項6】 前記アーチャがVSB用開口部を有することを特徴とする請求項4又は請求項5に記載の荷電ビーム露光装置。

【請求項7】 荷電ビームをアーチャにより所望の形状に成形し、試料に縮小照射・露光を行なうCP方式の荷電ビーム露光方法において、  
前記形状が、デバイス設計の際に用いられるスタンダードセルの形状の荷電ビーム成形用の透過孔であることを特徴とする荷電ビーム露光方法。

【請求項8】 前記スタンダードセルが、使用頻度のより高い、あるいは、CP露光を行なうことによりVSB露光を行なった場合よりショット数の削減効果のより高いことを特徴とする請求項7に記載の荷電ビーム露光方法。

【請求項9】 アーチャが有する透過孔の形状に一致するスタンダードセルに係わる情報を用いて電子回路の論理合成を行なう工程と、  
前記情報を用いて前記スタンダードセルの配置配線を行なう工程とを含むことを特徴とする露光パターンデータ生成方法。

【請求項10】 前記情報は、  
前記スタンダードセルのセル名と、  
前記スタンダードセルの前記アーチャ上での配置位置と、  
前記スタンダードセルの信号入出力位置と、  
前記スタンダードセルの電子回路の論理シミュレーション

で用いるパラメータとを含むことを特徴とする請求項9に記載の露光パターンデータ生成方法。

【請求項11】 前記論理合成を行なう工程が、CP露光に使用する前記アーチャを決定する工程と、CP露光を行なう前記スタンダードセルを決定する工程とを含むことを特徴とする請求項9又は請求項10に記載のパターンデータ生成方法。

【請求項12】 アーチャが有する透過孔の形状に一致するスタンダードセルに係わる情報を用いて、CP露光に使用する前記アーチャとCP露光を行なう前記スタンダードセルを決定し、電子回路の論理合成を行なう論理合成手段と、  
前記情報を用いて前記スタンダードセルの配置配線を行なう配置配線手段とを有することを特徴とする露光パターンデータ生成装置。

【請求項13】 前記情報は、  
前記スタンダードセルのセル名と、  
前記スタンダードセルの前記アーチャ上での配置位置と、  
前記スタンダードセルの信号入出力位置と、  
前記スタンダードセルの電子回路の論理シミュレーションで用いるパラメータとを含むことを特徴とする請求項12に記載の露光パターンデータ生成装置。

【請求項14】 前記CP露光を行なう前記スタンダードセル以外の部分をVSB露光用のデータに変換する変換手段とを有することを特徴とする請求項12又は請求項13に記載の露光パターンデータ生成装置。

【請求項15】 アーチャが有する透過孔の形状に一致するスタンダードセルに係わり、  
前記スタンダードセルのセル名と、  
前記スタンダードセルの前記アーチャ上での配置位置と、  
前記スタンダードセルの信号入出力位置と、  
前記スタンダードセルの電子回路の論理シミュレーションで用いるパラメータとを含むことを特徴とするコンピュータに露光パターンデータを生成させるためのデータを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【請求項16】 半導体装置のスタンダードセルに係わる情報を用いて前記半導体装置の論理合成を行なう工程と、  
前記情報を用いて前記スタンダードセルの配置配線を行なう工程と、  
荷電ビームを前記スタンダードセルの形状に成形し、半導体基板上に縮小照射・露光を行ない前記配置配線を行なう工程とを有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項17】 半導体装置のスタンダードセルに係わる情報を用いて前記半導体装置の論理合成を行なう工程と、  
前記情報を用いて前記スタンダードセルの配置配線を行

なう工程と、  
荷電ビームを前記スタンダードセルの形状に成形し、フォトマスク基板上に照射・露光を行ない前記配置配線を行なう工程とを有することを特徴とするフォトマスクの製造方法。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、電子やイオンの荷電ビームを用いる半導体装置やフォトマスクの微細なパターンの生成方法に関し、特に、キャラクタプロジェクト（CP）方式の荷電ビーム露光に関するものである。

##### 【0002】

【従来の技術】電子ビーム露光技術は、光リソグラフィでは作製できないようなサブマイクロメートル以下の微細パターンの加工を行なうことができるため、ますます微細化、高集積化、複雑化が求められる半導体の加工技術には欠かせないものとなりつつある。しかし、代表的な電子ビーム露光方法である可変成形ビーム（VSB）露光においては、露光を行なうパターン形状によらずマスクを必要としないが、パターンを多数の微細な矩形ショットに分割して露光を繰り返すため、露光にかかる時間が長くなり、スループットが得られないという欠点がある。

【0003】スループットを高めるために、ある程度の大きさのパターンを一括してショットできるキャラクタ・プロジェクト（CP）露光技術が開発されている。これは図14に示すように、電子ビーム41を矩形に成形し、CPアーチャ50上に形成した複数のキャラクタ形状のビーム透過孔49から所望のキャラクタを選択して、電子ビーム41を所望のキャラクタ形状に成形し、基板37の所望の部分に縮小して照射する方式である。

【0004】図14では、CPアーチャ50上に4種類のキャラクタを配置し、そのうちの一つを選択しているところを示している。このキャラクタの場合、VSB露光を行なうと、キャラクタを5個の微小長方形に分割し、5回の露光を順次繰り返すことになるが、CP露光では、一度の露光で行なえるため、電子ビームのショット回数は1/5に減少させることができる。また、CP露光を行なえないパターン（CPアーチャ上に配置されていないキャラクタ）については、従来どおりVSB露光を行なうため、CPアーチャ50上にVSB用の透過窓も設けている。

【0005】露光時に選択できるキャラクタの数は、キャラクタ選択用の偏向器43の偏向領域内に配置できる数が上限となる。キャラクタの大きさは試料上に露光する大きさの数倍～数十倍にアーチャ上に加工されるため、現在の露光装置では数個～百個程度のキャラクタしかCP露光で使用することができない。したがって、こ

れまでは、メモリセルのような繰り返し露光を行なう回数が多いものについてはCP露光を行うが、その他のパターンはCP露光が行えず、時間はかかるがVSB露光で行なうしかなかった。

【0006】また、特定用途向きIC（ASIC）やシステムLSIなどのロジック製品においては、メモリよりもはるかに多くの種類のパターンが使われている。それらに対してCP露光を行なおうとして、CP露光を行なえるキャラクタの上限数までCPアーチャ上にパターンを並べても、どのパターンをキャラクタ化するのかによって、ロジック製品毎の電子ビームのショット回数が変わってしまう。そして、ロジック製品によっては、CP露光を行なうことによるスループット向上の効果が得られなくなる場合があった。

【0007】ASICなどのロジック製品のレイアウト（パターンの生成）は、図15のようなフローで作成される。

【0008】まず、ステップS31で製品のシステム仕様を決定する。次に、ステップS32で論理式での設計記述をする。ステップS33では論理合成システムを使いゲートレベルの設計記述を生成する。

【0009】ステップS33の論理合成では、論理式で記述されたシステムを、従来のスタンダードセルライブラリ51に含まれるセルパターンの接続（ネットリスト）に変換する。この時のセルパターンの選択は、セルの機能、及び抵抗や容量などから計算した信号伝達のタイミングなどから、適当なものが選択される。図16にネットリストを示す。スタンダードセル53乃至58は、セル名であるAN2、EO、FA1によって区別される。スタンダードセル53乃至58が配線で接続され、全体としていわゆる集積回路として機能する。次に図15のステップS34の論理最適化で論理シミュレーション・タイミング解析を行ない、違反があった所などの回路の修正を行なう。その後、ステップS35で自動配置配線ツールを用いて、実レイアウトパターンを生成する。このとき、自動配置配線（P&R）ステップS35では、従来のスタンダードセルライブラリ52を参照し、ネットリストのセル名に対応した各スタンダードセルを配置する。図17はスタンダードセルのゲートレベルのレイアウトである。なお、以後の説明ではゲート・レイヤーを電子ビームで露光することとする。これは説明の重複を避け明確にするためである。図17(a)がAND(AN2)回路、(b)がDフリップフロップ(F/F)回路、(c)がインバータ(IV)のレイアウトであり、ライブラリ52に記憶されている。自動配置配線のステップS35では、論理回路が実現できるよう図17のようなスタンダードセルのレイアウトを図18(a)のように基板又はフォトマスクを想定した領域65に列べる。最後にそれぞれのスタンダードセル間の配線を自動で行い、従来のレイアウトが完成する。

【0010】このレイアウトを基に露光を行うには、図19の様にレイアウトである従来のパターンデータ70を電子ビーム露光データ75に変換する必要がある。そのためにまず、CP露光を行うキャラクタの抽出を行う。従来は、図18(a)のレイアウトを眺めて同一のキャラクタ61乃至64を発見し、この図18(b)のキャラクタをCP露光を行うキャラクタとして選んでいた。この選ばれたキャラクタはCP露光データ74に変換され、選ばれなかったパターンデータはVSB露光データ73に変換された。

【0011】半導体集積回路毎にパターンデータが生成されると、集積回路毎にCP露光キャラクタの抽出の工程とVSB露光データとCP露光データへのパターンデータの分割の工程が必要で、多大な時間と労力を要していた。

#### 【0012】

【発明が解決しようとする課題】本発明は上記事情に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、ロジック製品のような繰り返しパターンの少ない集積回路でもCP露光が行なえ、CP露光を行なうことによるスループット向上の効果が得られ、荷電ビーム露光データが容易に生成できる露光装置を提供することにある。

【0013】本発明の目的は、ロジック製品のような繰り返しパターンの少ない集積回路でもCP露光が行なえ、CP露光を行なうことによるスループット向上の効果が得られ、荷電ビーム露光データが容易に生成できるアーチャを提供することである。

【0014】本発明の目的は、ロジック製品のような繰り返しパターンの少ない集積回路でもCP露光が行なえ、CP露光を行なうことによるスループット向上の効果が得られ、荷電ビーム露光データが容易に生成できる荷電ビーム露光方法を提供することである。

【0015】本発明の目的は、ロジック製品のような繰り返しパターンの少ない集積回路でもCP露光が行なえ、CP露光を行なうことによるスループット向上の効果が得られ、荷電ビーム露光データが容易に生成できる半導体装置の製造方法を提供することである。

【0016】本発明の目的は、ロジック製品のような繰り返しパターンの少ない集積回路でもCP露光が行なえ、CP露光を行なうことによるスループット向上の効果が得られ、荷電ビーム露光データが容易に生成できるフォトマスクの製造方法を提供することである。

【0017】本発明の目的は、ロジック製品のような繰り返しパターンの少ない集積回路でもCP露光が行なえ、CP露光を行なうことによるスループット向上の効果が得られ、荷電ビーム露光データが容易に生成できる露光パターンデータ生成方法を提供することである。

【0018】本発明の目的は、ロジック製品のような繰り返しパターンの少ない集積回路でもCP露光が行な

え、CP露光を行なうことによるスループット向上の効果が得られ、荷電ビーム露光データが容易に生成できる露光パターンデータ生成装置を提供することである。

【0019】本発明の目的は、ロジック製品のような繰り返しパターンの少ない集積回路でもCP露光が行なえ、CP露光を行なうことによるスループット向上の効果が得られ、荷電ビーム露光データが容易に生成できる露光パターンを生成するためのデータを記録した記録媒体を提供することである。

#### 【0020】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明の第1の特徴は、デバイス設計の際に用いられるスタンダードセルの形状の荷電ビーム成形用の透過孔を有するアーチャであることである。ここで、「スタンダードセル」とは、セルライブラリ内で定義されているパターンのことである。「荷電ビーム」とは、電子ビームとイオンビームのことである。「アーチャ」とは、荷電ビームの絞りのことである。このことにより、特に特定用途向きIC(ASIC)やシステムLSIなどのロジックデバイスを作製する場合においては、設計の際に用いられるセルライブラリ内で定義されているパターン(スタンダードセル)の形状を電子ビーム透過窓としてアーチャ上に作製しておき、CP露光を行なうキャラクタとすることにより、従来よりも高スループットの電子ビーム露光を実現する。さらに、スタンダードセルをCP露光を行なうキャラクタとすることにより、充分に電子ビームのショット数を削減することができるため、スループットの向上を行なうことができる。

【0021】本発明の第1の特徴は、透過孔が、使用頻度のより高いスタンダードセル、あるいは、CP露光を行なうことによりVSB露光を行なった場合よりショット数の削減効果のより高いスタンダードセルの形状であることにより一層効果的である。このことにより、セルライブラリ内のスタンダードセルは、製品ごとに変わるものではなく、複数の製品について共通に使われるため、製品が変わる度に、リソグラフィを行なうためのマスクを作製する必要がなく、低コストであり、かつ、設計パターンデータの入手後すぐに露光にとりかかることができる。また、CPアーチャ上に配置することができるキャラクタ数が限られていて、全てのスタンダードセルをCP露光を行なうキャラクタ化することが出来ないような場合でも、複数の製品でのスタンダードセルのCP化効率を調べることにより、スタンダードセルライブラリ内のどのスタンダードセルをCP露光で露光するのが、複数の製品で同じCPアーチャを使用して露光を行ったときに、効果的にショット数を削減できるのかを調べることができ、複数のロジック製品間で使用することができるCPアーチャを作製することができる。

【0022】本発明の第1の特徴は、アーチャがVSB用開口部を有することにより一層効果的である。この

ことにより、1つの半導体装置に対してCP露光とVS B露光を併用できる。特に、使用回数の少ないスタンダードセルや、ショット数削減の効果の小さいスタンダードセルをVSB露光で処理することにより、スループットを著しく落とすことなくCPアーチャ上に配置するキャラクタ数を抑えることができる。

【0023】本発明の第2の特徴は、荷電ビームをアーチャにより所望の形状に成形し、試料に縮小照射・露光を行なうCP方式の荷電ビーム露光装置において、アーチャが、デバイス設計の際に用いられるスタンダードセルの形状の荷電ビーム成形用の透過孔を有する荷電ビーム露光装置であることである。このことにより、CP露光を行なうキャラクタに割り当てるスタンダードセルは、ロジック製品の世代が変わるまでは大幅な変更はなく、これらをCPアーチャ上に並べて作製したCPアーチャは、複数のロジック製品間で共通して使うことができる。そのため、同じスタンダードセルライブラリを用いて設計したロジック製品であれば、常に同じCPアーチャを使用することができるため、設計パターンのレイアウトデータを作成できたら、すぐに電子ビーム露光に取りかかることができる。複数のロジック製品間で、使われているスタンダードセルの傾向が大幅に異なる場合に対応するために、複数のCPアーチャを作製しておき、各ロジック製品の電子ビーム露光を行なうときに、CPアーチャを入れ換える、または、別の偏頭領域にあるCPアーチャを選択する、などの方法を取ることもでき、より多くのロジック製品に対応することが可能となる。

【0024】本発明の第3の特徴は、荷電ビームをアーチチャにより所望の形状に成形し、試料に縮小照射・露光を行なうCP方式の荷電ビーム露光方法において、所望の形状が、デバイス設計の際に用いられるスタンダードセルの形状の荷電ビーム成形用の透過孔である荷電ビーム露光方法であることである。このことにより、本提案によるロジック製品のレイアウトパターンデータは、始めからCP露光を行なうスタンダードセルが決められているため、パターンデータからCP露光を行なうキャラクタの抽出を行なう必要もなく、また、既にある汎用CPアーチチャの使用を前提としているので、製品ごとにCPアーチチャを作製する必要もないため、マスク製作のコストを削減することができ、そして、パターンデータの生成後、すぐ電子ビーム露光を行なうことができるため、製品を発注してから出来上がるまでの時間を短縮することができる。

【0025】本発明の第4の特徴は、アーチチャが有する透過孔の形状に一致するスタンダードセルに係わる情報を用いて電子回路の論理合成を行なう工程と、その情報を用いてスタンダードセルの配置配線を行なう工程とを含む露光パターンデータ生成方法であることである。このことにより、CP露光を行なうキャラクタをスタン

ダードセルとしてライブラリ化し、設計時にはこれらのキャラクタからパターン選択することにより、設計を容易にすると共に、電子ビーム露光を行なうためのデータ変換にかかる時間も短縮することができる。また、ASICなどのロジック製品の設計段階で電子ビーム露光を考慮したパターンデータを生成することができ、適切なCPアーチチャを使用することにより、最高のスループットが得られることが、設計段階で確認できる。また、新しいCPアーチチャを作製する必要があるとわかった場合は、使用するスタンダードセルが確定した時点でCPアーチチャの作製に取りかかることができるため、CPアーチチャを作製する場合でも開発期間を短縮する事ができる。

【0026】本発明の第4の特徴は、そのスタンダードセルに係わる情報が、スタンダードセルのセル名と、スタンダードセルのアーチチャ上での配置位置と、スタンダードセルの信号入出力位置と、スタンダードセルの電子回路の論理シミュレーションで用いるパラメータとを含むことにより一層効果的である。このことにより、この情報、および、汎用CPアーチチャを使用することより、データサイズの巨大化を防ぐために、CP露光を行なうスタンダードセルのポリゴンデータを省略することができる。したがって、この方法でファイルサイズを小さくしたパターンデータに対しては、インターネットなどのネットワークを使用した設計データのダウンロードや、アップロードなどが短時間で行なうことができ、社外からの発注や、社外でのプロセスなど、これまで困難であったことも、比較的容易に行なうことができるようになる。

【0027】本発明の第4の特徴は、論理合成を行なう工程が、CP露光に使用するアーチチャを決定する工程と、CP露光を行なうスタンダードセルを決定する工程とを含むことにより効果的である。このことにより、論理合成を行なう工程でCP露光を行なうスタンダードセルが決められているため、パターンデータからCP露光を行なうキャラクタの抽出を行なう必要もなく、また、論理合成を行なう工程で決定したCPアーチチャの使用を前提としているので、パターンデータの生成後、すぐ電子ビーム露光を行なうことができるため、製品を発注してから出来上がるまでの時間を短縮することができる。

【0028】本発明の第5の特徴は、アーチチャが有する透過孔の形状に一致するスタンダードセルに係わる情報を用いてCP露光に使用する前記アーチチャとCP露光を行なうスタンダードセルを決定し電子回路の論理合成を行なう論理合成手段と、その情報を用いてスタンダードセルの配置配線を行なう配置配線手段とを有する露光パターンデータ生成装置であることである。このことにより、特に特定用途向きIC(ASIC)やシステムLSIなどのロジックデバイスを作製する場合において

は、設計の際に用いられるセルライブラリ内で定義されているパターン（スタンダードセル）の形状を電子ビーム透過窓としてアーチャ上に作製しておき、C P露光を行なうキャラクタとすることにより、従来よりも高スループットの電子ビーム露光を実現する。さらに、スタンダードセルをC P露光を行なうキャラクタとすることにより、充分に電子ビームのショット数を削減することができるため、スループットの向上を行なうことができる。

【0029】本発明の第5の特徴は、C P露光を行なうスタンダードセル以外の部分をV S B露光用のデータに変換する変換手段を有することにより効果的である。このことにより、C P露光とV S B露光との併用が可能になる。

【0030】本発明の第6の特徴は、アーチャが有する透過孔の形状に一致するスタンダードセルに係わり、スタンダードセルのセル名と、スタンダードセルのアーチャ上での配置位置と、スタンダードセルの信号入出力位置と、スタンダードセルの電子回路の論理シミュレーションで用いるパラメータとを含む電子ビーム露光用のスタンダードセルライブラリを用いて露光パターンを生成させるためのデータを記録したコンピュータ読取り可能な記録媒体であることである。ここで、「記録媒体」としては、例えば半導体メモリ、磁気ディスク、光ディスク、磁気テープなどのプログラムを記録できるような媒体が含まれる。このことにより、データサイズの巨大化を防ぐために、C P露光を行なうスタンダードセルのポリゴンデータを省略することができる。したがって、この方法でファイルサイズを小さくしたパターンデータに対しては、インターネットなどのネットワークを使用した設計データのダウンロードや、アップロードなどが短時間で行なうことができ、社外からの発注や、社外でのプロセスなど、これまで困難であったことも、比較的容易に行なうことができるようになる。

【0031】本発明の第7の特徴は、半導体装置のスタンダードセルに係わる情報を用いて半導体装置の論理合成を行なう工程と、スタンダードセルに係わる情報を用いてスタンダードセルの配置配線を行なう工程と、荷電ビームをスタンダードセルの形状に成形し半導体基板上に縮小照射・露光を行ない配置配線を行なう工程とを有する半導体装置の製造方法であることである。このことにより、半導体装置の製造の際の露光の工程でC P露光が可能になる。

【0032】本発明の第8の特徴は、半導体装置のスタンダードセルに係わる情報を用いて半導体装置の論理合成を行なう工程と、その情報を用いてスタンダードセルの配置配線を行なう工程と、荷電ビームをスタンダードセルの形状に成形しフォトマスク基板上に照射・露光を行ない配置配線を行なう工程とを有するフォトマスクの製造方法であることである。このことにより、半導体装

置の製造の際の露光の工程で使用するフォトマスクが迅速に製造できる。

### 【0033】

【発明の実施の形態】以下図面を参照して、本発明の実施の形態を説明する。以下の図面の記載において、同一又は類似の部分には同一又は類似の符号を付している。ただし、図面は模式的なものであり、現実のものとは異なることに留意すべきである。また図面相互間においても互いの寸法の関係や比率の異なる部分が含まれるのはもちろんである。

【0034】図1は本発明に係る荷電ビーム露光装置の概念的な構成図である。本発明に係る荷電ビーム露光装置は、電子ビーム4 1を発生させる電子銃4 0と、電子ビーム4 1を矩形に成形する第1成形アーチャ4 2と、矩形の電子ビーム4 1を偏向して望みのスタンダードセル形状の電子ビーム成形孔4 4に照射するキャラクタ選択偏向器4 3と、成形孔4 4とV S B用の開口7を有するC Pアーチャ4 4又はC Pアーチャブロックと、成形孔4 4で成形された電子ビーム4 0を縮小する縮小レンズ4 5と、電子ビーム4 1を偏向して基板4 7上の望みの位置にスタンダードセル形状の電子ビーム4 1を照射する対物偏向器4 6とで構成される。C Pアーチャ4 4上には4種類のスタンダードセル形状の電子ビーム成形孔4 4を配置し、そのうちの一つを選択しているところを示している。この成形孔4 4のキャラクタの場合、V S B露光を行なうと、キャラクタを数十個の微小長方形に分割し露光を順次繰り返すことになるが、C P露光では、スタンダードセル毎に一度の露光で行なえる。また、C P露光を行なえないパターン（C Pアーチャ上に配置されていないキャラクタ）については、従来どおりV S B露光を行なうため、C Pアーチャ4 4上にV S B用の透過窓7も設けている。

【0035】ASICに代表されるロジック製品の設計パターンは、図2のようなフローで作成される。今回は、各工程でのシミュレーションやタイミング解析などは特に関係ないため省略した。ステップS 1で製品のシステム使用を決定したら、それに対してステップS 2のシステム論理設計で論理式での設計記述をする。そして、ステップS 3の論理合成とC Pアーチャの選択において、論理合成システムを使いゲートレベルの設計記述を生成する。ステップS 3では、論理式で記述されたシステムを、C P情報を有するスタンダードセルライブラリ1に含まれるセルパターンの接続（ネットリスト）に変換する。この時のセルパターンの選択は、セルの機能、及び抵抗や容量などから計算した信号伝達のタイミングなどを参考にして、適当なものが選択される。

【0036】次に、ステップS 4の論理最適化で論理シミュレーション及びタイミング解析を行ない、違反があった所などの回路の修正を行なう。その後、ステップS 5の自動配置配線で、自動配置配線ツールを用いて、実

レイアウトパターンを生成する。自動配置配線(P&R)では、CP情報を有するスタンダードセルライブラリ2を参照し、ネットリストに対応した各スタンダードセルを配置し、(ゲートレベルの設計記述に対応した各スタンダードセルを配置し、)それぞれのスタンダードセル間の配線を自動で行なう。そして、ロジック製品のレイアウトである設計パターンが完成する。

【0037】スタンダードセルは、論理合成のための情報、回路配置のための情報とCP情報を有している。論理合成のための情報は図2のライブラリ1で引き出されるデータであり、例えばセルの大きさ、機能、性能などである。回路配置のための情報は図2のライブラリ2で引き出されるデータであり、例えば回路のゲートレイヤーの具体的な形、配線が接続される入出力の位置などである。CP情報には、このセルがどのCPアーチャのどこに配置されているかが記載されている。したがって、セルによっては複数のアーチャに配置されている場合もあるし、アーチャに配置されておらずCP情報が無い場合もある。

【0038】すなわち、作成された設計レイアウトパターン・データは、パターンが大規模になるにしたがって、セルの階層構造ができていく。CP露光を行なう部分は、ゲート・レイヤーなどでは、すべてそれぞれのスタンダード・セル単位となるため、例えば、一般的に使われるGDS II STREAM形式のパターンデータであっても、CP露光を行なうスタンダードセルを配置している位置だけがわかればよいため、そのまま使用することができる。

【0039】図3はCP情報を有するスタンダードセルライブラリ1と2を用いたASIC製品の設計パターンのデータ構造を示している。図2のライブラリ1とライブラリ2はそれから取り出されるデータが異なるので分けて表記したが、記録される領域は同じで2つのライブラリを総称してスタンダードセルライブラリと呼んでもかまわない。これによると、このASIC製品を構成する複数の機能ブロックが、それぞれ、数多くのスタンダードセルにより構成されていることが分かる。それらスタンダードセルについても、論理合成をしたときに参照したスタンダードセルライブラリは同じでも、露光の際に使用すると仮定したCPアーチャによっては、図3のように、CP情報を有するものと、CP情報をもたないものが存在することになる。

【0040】そして、さらに設計の簡便さと、作成したレイアウトパターン・データからの各電子ビーム露光装置内の露光データへの変換を簡略にして、変換にかかる時間を短縮するためにも、電子ビーム露光用のスタンダードセルライブラリを新たに作成し、これを用いた自動P&R、そしてレイアウト・データの生成を行なうことが望ましい。この電子ビーム露光用スタンダードセルライブラリとは、ライブラリ内のどのスタンダードセルが

CP露光を行なうキャラクタとなっているのか、そのCPアーチャでの位置がわかるようになっていればよい。すなわち、前記CP情報を付加すればよい。

【0041】図4は、電子ビーム露光用スタンダードセルライブラリのデータ構造を示している。このデータ構造には、スタンダードセル毎に、セルがアーチャ上のセルか否かの情報が納められる。さらに、アーチャ上のセルであれば、そのアーチャ上の位置情報、信号入出力位置の情報と集積回路のシミュレーションに使用するセルの機能と性能を示すパラメータの情報と、アーチャに無いセルであれば、セルの詳細なレイアウトと上記パラメータの情報とが納められる。

【0042】スタンダードセルライブラリは、一般に数百のスタンダードセルで構成される。通常のASIC製品の設計は、これらスタンダードセルの自動P&Rにより行なわれ、大規模のものも、各機能ブロックごとに自動P&Rを行ない統合する階層設計が適用される。

【0043】したがって、このような手法で設計したASIC製品のパターンは、大部分がスタンダードセルで構成され、セル内のレイヤーについては、各スタンダードセル内でのみ定義されている。これに対して、これら各スタンダードセルをつなぐ自動P&Rで配線されるパターンは、スタンダードセル内では定義されておらず、セルの入出力の位置の情報を用いて生成される。

【0044】すなわち、ゲートレイヤーなどのスタンダードセル内にしかないパターンの露光をCP方式の電子ビーム露光により行なう場合は、スタンダードセルライブラリ内で定義されているスタンダードセルのひとつひとつをそれぞれCP露光を行なうキャラクタとしてやれば、すべてのパターンをCP露光により作製することができるこになることがある。

【0045】次に、CPアーチャを参照したスタンダードセルライブラリを用いたロジック製品の回路パターンの設計とレイアウトパターンデータの作成方法について説明する。電子ビーム露光用のスタンダードセルライブラリは、図3のように階層構造になっている。すなわち、パターンが大規模になるにしたがって、使用するスタンダードセルの種類および使用回数は多くなり、セルの階層構造が作られて行く。CP露光を行なう部分は、すべてそれぞれのスタンダードセル単位となる。CP露光を行なうスタンダードセルを配置している位置だけがわかればよいため、ライブラリをそのまま使用することができる。

【0046】そして、異なる製品に対して異なるCPアーチャを選択してCP露光を行なう場合には、どのCPアーチャ上に、各スタンダードセルが形成されているものかも情報として持っているため、以下のようなパターン設計を行なうことができる。

【0047】図5のような、複数のキャラクタ選択偏向領域に対応したアーチャブロック3をもち、異なった

スタンダードセルの使用傾向のロジック製品の電子ビーム露光の際に、異なるアーチャブロック3内のスタンダードセル4を選択することができるよう、CPアーチャ5を機械的に移動させる機構を露光装置に持たせておくことも可能である。このように、CPアーチャ5上に複数のアーチャブロック4を有する場合、あるいは、複数の製品に対応したCPアーチャが複数ある場合は、

(1) 電子ビーム露光用スタンダードセルライブラリを用いた自動P&Rを行なう。

【0048】(2) 選択したスタンダードセルがどのCPアーチャ及びアーチャブロック上にCP露光を行なうキャラクタとした形成されているか調べ、電子ビームのショット回数が最も少なくなるようなCPアーチャ及びアーチャブロックを選択する。

【0049】(3) 選択したCPアーチャ上に形成されているスタンダードセルに対しては、パターンデータとしてCPアーチャ上のそのスタンダードセルの位置を、また、それ以外のスタンダードセルに対しては、VSB露光を行なうため、従来どおり、パターンのポリゴンデータを出力する。

【0050】また、汎用CPアーチャを一種類しか持っていない場合、あるいは、何らかの理由により予め使用するCPアーチャを複数の中から、あるCPアーチャ及びアーチャブロックを選択してCP露光を行なう場合は、

(1) そのアーチャ内に構成されているスタンダードセルを優先的に自動配置する。

【0051】(2) (1)のスタンダードセルについてはCPアーチャ及びアーチャブロック上の配置位置を、それ以外のパターンは、VSB露光用にポリゴンデータを出力する。

【0052】ライブラリ内では、すべてそれぞれのスタンダードセル内でパターンの形状6が定義されている。CP露光を行なうキャラクタを各スタンダードセル単位とする。各CP露光を行なうスタンダードセルは、そのパターンの形状6を図6のように、CPアーチャブロック3上で定義されており、パターンデータ内では、各セルのチップ上への配置位置がわかれればよい。

【0053】スタンダードセル形状のCPアーチャを用いてCP方式の電子ビーム露光を行なう場合に、CP情報を有する電子ビーム露光用スタンダードセルライブラリを用いた、電子ビーム露光に適したパターンデータの生成方法について説明する。この生成方法は図2のステップS3乃至S5に該当するもので、特に、ステップS3の論理合成の方法に関するものである。

【0054】図7に、電子ビーム露光用パターンデータ生成のフローチャートを示す。また、各ステップの説明でアーチャとあるのは、偏航領域ひとつに対応したアーチャブロックと同等であり、CPアーチャ上に

複数のアーチャブロックがある場合は、ひとつひとつのアーチャブロックのことを指す。

【0055】まずステップS11において、図2で示した論理設計において記述された論理式の論理合成を、あるCPアーチャを用いて露光することを仮定し、CP露光を行なうセル、すなわちCPアーチャ上にあるスタンダードセルのみを用いて行なう。このとき、合成した電子回路の面積や、動作周波数などを設計制約条件として指定する。

【0056】ステップS12では、すべてのCPアーチャに対してステップS11の論理合成を行うまでステップS11に繰り返し戻る。

【0057】ステップS13において、ステップS11およびS12で合成したネットリストのうち、指定した制約条件を満足するものを抽出する。すなわち、使用することができるCPアーチャの候補を抽出する。

【0058】ステップS14では、CPアーチャ上のセルだけで論理合成した場合に、条件を満足するようなCPアーチャがあるか否か判断する。満足するCPアーチャがあればステップS15へ進み、なければステップS17へ進む。

【0059】ステップS15において、使用することができるCPアーチャのうち、電子ビームショット数が最も少くなるCPアーチャを選択する。

【0060】ステップS16において、ステップS15で選択したCPアーチャに対して論理合成をしたネットリストを用いてP&Rを行ない、パターンデータを生成して、このフローを終了する。ここで生成したパターンデータに対して、選択したCPアーチャを用いて電子ビーム露光を行なうと、すべてのパターンをCP露光により形成することができる。

【0061】一方、ステップS17に進むと、ステップS14で既存のCPアーチャを用いてCP露光のみでパターンを形成することができないと判断されたわけなので、CPアーチャ上のセルのみを用いるという制限をなくして、再度論理合成を行なう。

【0062】ステップS18において、ステップS17で合成したパターンについて、各CPアーチャを用いて露光する場合の電子ビームショット数を計算する。このとき、用いるCPアーチャ上にあるセルについてはCP露光、その他のセルはVSB露光を行なうとして計算する。

【0063】ステップS19によって、ステップS18のショット数の計算を、すべてのCPアーチャに対して行なう。

【0064】ステップS20において、ステップS18で計算したショット数が最も少くなるCPアーチャを選択する。

【0065】ステップS21において、ステップS20で選択したショット数をスループットに換算する。スル